

RYSZARD TURSKI, HENRYK DOMŻAŁ, ANNA SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ

ZMIANY OPORÓW ŚCINANIA GLEBY LESSOWEJ W ZALEŻNOŚCI
OD JEJ ZAGĘSZCZENIA I WILGOTNOŚCI¹

Instytut Gleboznawstwa i Chemii Rolnej Akademii Rolniczej w Lublinie

Nakłady energetyczne, które pociąga za sobą uprawa gleby, związane są ściśle z jej oporem ścinania. Opór ścinania będący sumą spójności i tarcia wewnętrznego gleby uzależniony jest od zawartości wody w glebie, jej składu mechanicznego, struktury i zawartości substancji organicznej [1, 2, 9, 11]. Dynamika zmienności tych czynników oraz ich wielkość są zróżnicowane w poszczególnych typach i rodzajach gleb. Najbardziej zmiennymi czynnikami są wilgotność i stan zagęszczenia gleby, będący efektem działania narzędzi uprawowych, kół maszyn i ciągników oraz jej osiadania. Niniejsza praca dotyczy zmian oporu ścinania gleby brunatnej wytworzonej z lessu w zależności od zawartości wody, działającego na glebę nacisku i jej gęstości. Jest to kontynuacja wcześniejszych badań poświęconych tarcia wewnętrznemu i spójności [4, 5, 12, 13].

METODYKA BADAŃ

Badania zmian oporu ścinania gleby obejmowały część polową i część laboratoryjną.

Badania polowe. Prowadzono je na glebie brunatnej wytworzonej z lessu o składzie granulometrycznym: 1% piasku, 55% pyłu, 44% części sypialnych i 1,15% zawartości próchnicy, pod uprawą kończyny czerwonej, pszenicy ozimej, owsa, kukurydzy i buraków cukrowych. Pobieranie próbek z gleby spod upraw różnych roślin miało głównie na celu uzyskanie materiału reprezentującego możliwie szeroki zakres wartości samoistnie ukształtowanej gęstości gleby. Próbkę gleby do analizy pobierano w stanie nie naruszonym do metalowych

¹ Praca finansowana z kredytów PAN.

cyldrów pojemności 100 cm³ (wysokość 5,1 cm, średnica 5,0 cm) z warstwy 5–10 cm, w dwunastu powtórzeniach, w okresie od początku czerwca do początku października 1976 r. w odstępach dziesięciodniowych. Po przywiezieniu próbek do laboratorium ważono je w celu obliczenia wilgotności aktualnej. Następnie każdą serię dzielono na połowę, 30 próbek (po 6 z każdego pola) ścinano natychmiast, a pozostałe 30 doprowadzano za pomocą bloku pyłowo-kaolinowego do wilgotności odpowiadającej sile ssącej pF 2,7, czyli bliskiej optymalnej wilgotności uprawowej. Próbki po zdjęciu z bloku również ścinano. Po przeprowadzeniu każdego pomiaru z powierzchni ścięcia pobierano próbkę do oznaczenia wilgotności gleby.

Ścinanie prowadzono za pomocą aparatu do badania właściwości wytrzymałościowych mas formierskich typu LRu, wyprodukowanego przez Zakłady Doświadczalne Instytutu Odlewnictwa w Krakowie. Aparat działa na zasadzie układu dźwigniowego jednoramiennej wagi o stałym punkcie obrotu, wywierającej nacisk na badane próbki w jednoosiowej, pionowej płaszczyźnie. Zaletą aparatu jest możliwość dostosowania go do standardowych próbek o podanych wymiarach.

W części laboratoryjnej badań pobrano próbkę tej samej gleby o naruszonej strukturze. W laboratorium doprowadzono glebę do następujących poziomów wilgotności: 10, 12,5, 15, 17,5, 20, 22,5, 26%. Tak przygotowaną glebę umieszczano w identycznych cylindrach, jakie stosowano do pobierania próbek w polu, a następnie za pomocą prasy śrubowej z czujnikiem dynamometrycznym wywierano nacisk na glebę w cylindrze. Ażeby objętość gleby w cylindrze po zagęszczeniu była równa objętości cylindra, stosowano przy ugnięciu zespół dwu cylindrów. Nadmiar gleby znajdujący się w górnym cylindrze odcinano.

Stosowano następujące naciski: 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, 5,0, 10,0, 15,0 kG/cm² w ośmiu powtórzeniach. Po zagęszczeniu połowę sporządzonych próbek (po 4 dla każdego nacisku) natychmiast ścinano, a pozostałe nasycano i doprowadzano, analogicznie jak w części polowej, do wilgotności odpowiadającej pF 2,7. Te próbki również ścinano i z powierzchni ścięcia pobierano próbkę do oznaczania wilgotności gleby.

Oznaczenia uzupełniające wykonano następującymi metodami:

- wilgotność gleby — metodą suszarkową,
- gęstość fazy stałej (ciężar właściwy rzeczywisty) — metodą piknometryczną,
- gęstość gleby (ciężar objętościowy gleby) — w cylindrach metalowych o pojemności 100 cm³,
- skład mechaniczny — metodą Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego.

Wyniki uzyskane z próbek z zachowaną strukturą pobieranych z pól uprawnych przedstawiono w formie następujących zależności:

— zależność oporu ścinania gleby od jej gęstości przy wilgotności aktualnej i odpowiadającej pF 2,7,

— zależność oporu ścinania od wilgotności aktualnej i odpowiadającej pF 2,7 dla dwu grup gęstości gleby: $S_0 < 1,30 \text{ g/cm}^3$ i $S_0 > 1,30 \text{ g/cm}^3$.

Obliczono również współczynniki korelacji między oporem ścinania a gęstością dla wilgotności aktualnej i odpowiadającej pF 2,7 oraz między oporem ścinania a wilgotnością aktualną dla dwu grup gęstości.

Wyniki uzyskane w części laboratoryjnej badań analizowano w celu określenia:

— zależności oporu ścinania od nacisku i gęstości gleby przy poszczególnych wilgotnościach aktualnych i odpowiadających pF 2,7.

— zależności oporu ścinania od wilgotności w momencie zagęszczenia i w momencie ścięcia.

W ramach analizy statystycznej obliczono współczynniki korelacji między oporem ścinania a naciskiem jednostkowym i gęstością gleby.

Podane na wykresach wartości współczynników korelacji dotyczą korelacji prostych między badanymi cechami. W porównaniach, w których korelacje były statystycznie istotne, obliczono przy zastosowaniu metody najmniejszych kwadratów współczynniki regresji oraz wykreślono przebieg krzywych regresji. W większości przypadków okazało się, że badane zależności lepiej opisuje równanie drugiego stopnia niż równanie prostej.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Badania polowe. Gęstość próbek pobieranych z pól pod różnymi roślinami w okresie od czerwca do października wahała się od 1,12 do 1,55 g/cm^3 .

Pierwszą grupę reprezentowały próbki o gęstości $< 1,30 \text{ g/cm}^3$ pobrane z pól:

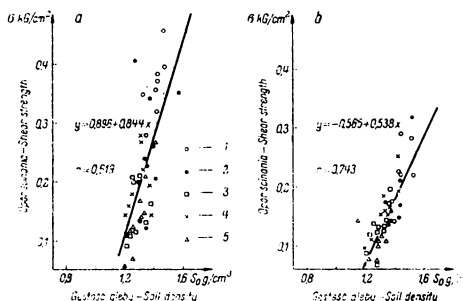
- pod uprawą buraków cukrowych i owsa do momentu zbioru,
- pod uprawą kukurydzy w całym okresie badań.

Drugą grupę stanowiły próbki o gęstości $> 1,30 \text{ g/cm}^3$ pobrane z pól:

- pod uprawą buraków cukrowych i owsa po zbiorze,
- pod uprawą koniczyny czerwonej i pszenicy ozimej w całym okresie badań.

Wilgotność gleby w okresie pobierania próbek wahała się w granicach od około 8 do około 24%.

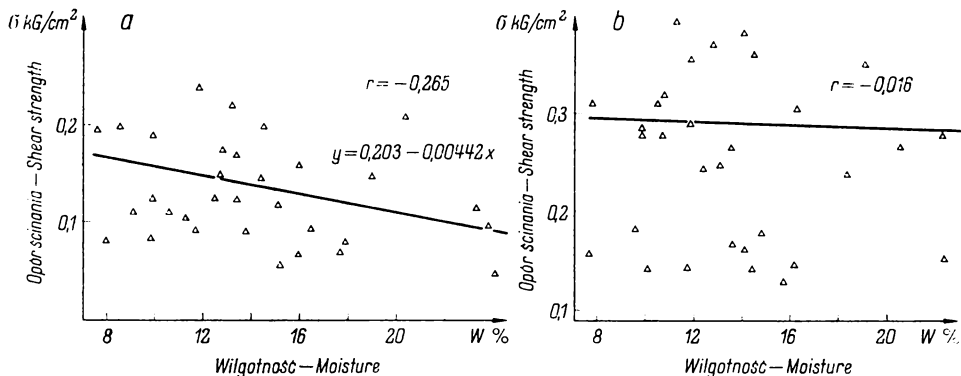
Zależność oporu ścinania gleby od jej gęstości zarówno przy wilgotności aktualnej, jak i odpowiadającej pF 2,7 (18–34%) ma charakter prostoliniowy (rys. 1). Otrzymane współczynniki korelacji są istotne i dość wysokie (0,619 przy wilgotności aktualnej, 0,743 przy wilgotności odpowiadającej pF 2,7). Najwyższymi wartościami oporu ścinania



Rys. 1. Zależność oporu ścinania gleby od jej gęstości przy wilgotności a — aktualnej 10-26%, b — odpowiadającej pF 2,7 (18-34%); próbki pobrano z pola: 1 — koniczyny czerwonej, 2 — pszenicy ozimej, 3 — kukurydzy, 4 — owsa, 5 — buraków cukrowych

Dependence of shear strength of soil on its density at the moisture

a — actual 10-26%, b — corresponding with pF 2.7 (18-34%); samples were taken in field from under: 1 — red clover, 2 — winter wheat, 3 — maize, 4 — oats, 5 — suger beets



Rys. 2. Zależność oporu ścinania od wilgotności aktualnej gleby dla stanu zagęszczenia

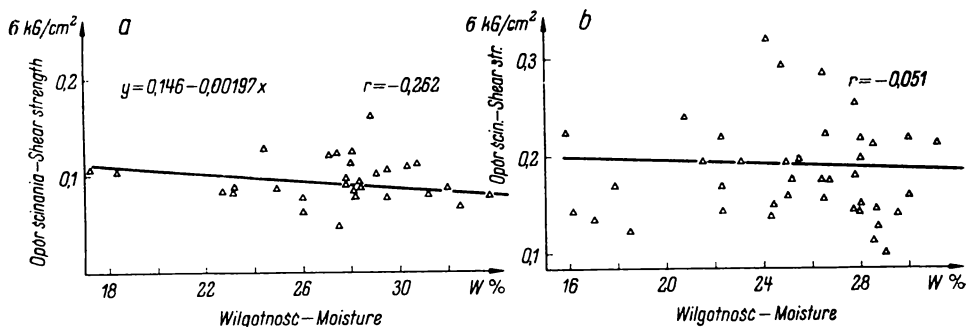
a — < 1,30 g/cm³, b — > 1,30 g/cm³

Dependence of shear strength on actual moisture of soil for its condensation degree:

a — < 1,30 g/cm³, b — > 1,30 g/cm³

(0,31–0,50 kG/cm²) odznaczają się najsilniej zagęszczone próbki spod koniczyny czerwonej, natomiast luźna gleba spod buraków cukrowych wyraźnie wykazuje najmniejszy opór (0,10–0,20 kG/cm²). Związane jest to oczywiście z przeprowadzaniem zabiegów pielęgnacyjnych w burakach, a tym samym spulchnianiem gleby, co w konsekwencji powoduje naruszenie więzi między cząstkami gleby i spadek oporu ścinania. Uzyskane punkty tworzą bowiem jeden zbiór w ramach tego samego typu zależności analizowanych cech.

Zależność oporu ścinania od wilgotności w glebie lessowej o zacho-



Rys. 3. Zależność oporu ścinania od wilgotności gleby odpowiadającej pF 2,7 dla stanu zagęszczenia

a — $< 1,30 \text{ g/cm}^3$, b — $> 1,30 \text{ g/cm}^3$

Dependence of shear strength on soil humidity corresponding with pF 2.7 for the compaction degree

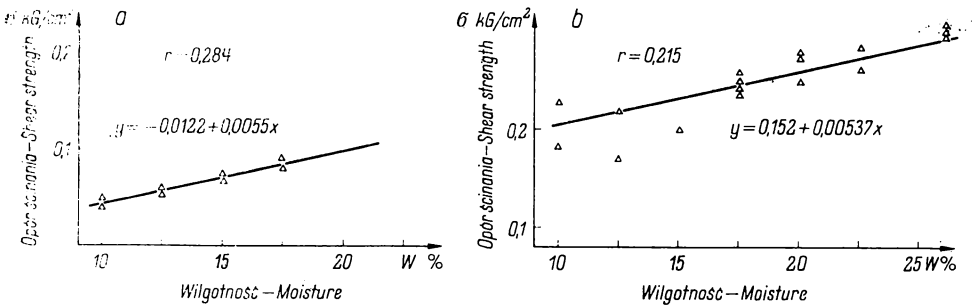
a — $< 1.30 \text{ g/cm}^3$, b — $> 1.30 \text{ g/cm}^3$

wanej strukturze jest bardzo słaba, o czym świadczą niskie, a w przypadku próbek gleby zagęszczonej — nieistotne współczynniki korelacji. Wzrost wilgotności powoduje jedynie niewielki spadek oporu ścinania gleby lessowej (rys. 2 i 3).

Badania laboratoryjne. Wilgotność gleby aktualna (w momencie zagęszczenia) wynosiła 10, 12,5, 15, 17,5, 20, 22,5 i 26%. Wilgotność odpowiadająca pF 2,7 wahała się od 13% do 33%, zależnie od wartości wilgotności w momencie zagęszczenia oraz od wielkości stosowanego obciążenia. Różnice wilgotności odpowiadające pF 2,7 wynikają stąd, że w miarę wzrostu zagęszczenia próbek glebowych zmniejszała się ich pojemność wodna wagowa przy stosowanej wartości siły ssącej. Tendencja ta jest zgodna z wynikami innych badań [6]. W przypadku przedstawionych obecnie wyników zmniejszenie pojemności wodnej wagowej jest wyjątkowo silne, a maksymalne zmiany dochodzą do 20% wilgotności wagowej. Wynika to stąd, że zakres wilgotności, w jakim zagęszczano glebę, i zakres obciążeń jednostkowych były szerokie i sprzyjały maksymalnemu zróżnicowaniu zagęszczenia próbek, a w konsekwencji i zmianom pojemności wodnej.

Gęstość gleby wahała się w zależności od wywartego nacisku i wilgotności podczas zagęszczenia od 1,12 do 1,70 g/cm^3 . Przedział ten jest znacznie szerszy niż uzyskany w części połowej badań. Górna granica gęstości otrzymana przez sztuczne zagęszczanie (1,70 g/cm^3) jest wyższa niż górna granica gęstości próbek naturalnych (1,55 g/cm^3). Najwyższe wartości gęstości uzyskano zagęszczając glebę o wilgotności 17,5 i 22,5% z siłą 15 kG/cm^2 .

Wzrost zawartości wody w glebie w momencie zagęszczenia wpływa na zwiększenie oporu ścinania (rys. 4). Dla obu grup gęstości gleby otrzymano dodatnie, niskie, lecz istotne współczynniki korelacji



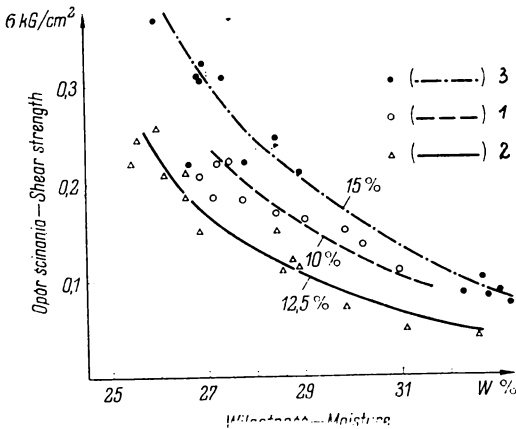
Rys. 4. Zależność oporu ścinania od wilgotności gleby w momencie zagęszczenia i ścinania dla stanu zagęszczenia
a — $< 1,30 \text{ g/cm}^3$, b — $> 1,30 \text{ g/cm}^3$

Dependence of shear strength on soil humidity at the moment of compaction and shearing for the compaction state
a — $< 1,30 \text{ g/cm}^3$, b — $> 1,30 \text{ g/cm}^3$

($S_0 < 1,30 \text{ g/cm}^3$ — współczynnik korelacji 0,284; $S_0 > 1,30 \text{ g/cm}^3$ — współczynnik korelacji 0,215).

Wzrost oporu ścinania można tłumaczyć tym, że w miarę wzrostu wilgotności, przy której zagęszczano glebę, wykazywała ona coraz większą podatność na ugniatanie, co pociągało za sobą podwyższenie ciężaru objętościowego, sklekanie cząstek oraz agregatów glebowych, a w efekcie większą wytrzymałość na ścinanie. Należy jednak zauważyć, że ścinanie wykonano przy tej samej wilgotności co zagęszczanie, a więc wilgotność przy ścinaniu również wzrastała. Wzrost zawartości wody w próbce w momencie ścięcia wywołuje w glebie lessowej niewielkie obniżenie wytrzymałości na ścinanie. Uzyskane w opisywanym doświadczeniu wartości oporu ścinania należy więc traktować jako wypadkową dwóch różnokierunkowych procesów związanych z działaniem wody — z jednej strony ułatwia ona zagęszczenie gleby, z drugiej strony zmniejsza opór stawiany przez glebę przy ścinaniu. W przypadku gleby lessowej zwiększenie oporu ścinania wywołane wzrostem zawartości wody w momencie wywierania nacisku jest silniejsze niż zmniejszenie oporu ścinania wynikające ze wzrostu wilgotności w momencie ścięcia.

Stabilizując potencjał wody w próbkach zagęszczonych z różną siłą przy różnych wilgotnościach początkowych uzyskano obszerny materiał pozwalający na przeanalizowanie wpływu wilgotności w momencie ścięcia na opór ścinania gleby ugniatanej przy różnej wilgotności. Analizie poddano próbki o gęstości $> 1,30 \text{ g/cm}^3$, ponieważ tworzą one zbiory punktów dostatecznej liczebności (rys. 5 i 6). Otrzymane wyniki można podzielić na dwie wyraźnie różniące się grupy. Grupę pierwszą tworzą zbiory punktów uzyskanych dla próbek zagęszczanych przy niższych wilgotnościach (10, 12,5 i 15%), drugą — uzyskanych dla próbek zagęszczanych przy wyższych wilgotnościach (17,5, 20, 22,5, 26%). Grupa



Rys. 5. Zależność oporu ścinania od wilgotności gleby odpowiadającej pF 2,7 dla stanu zagęszczenia $> 1,30 \text{ g/cm}^3$

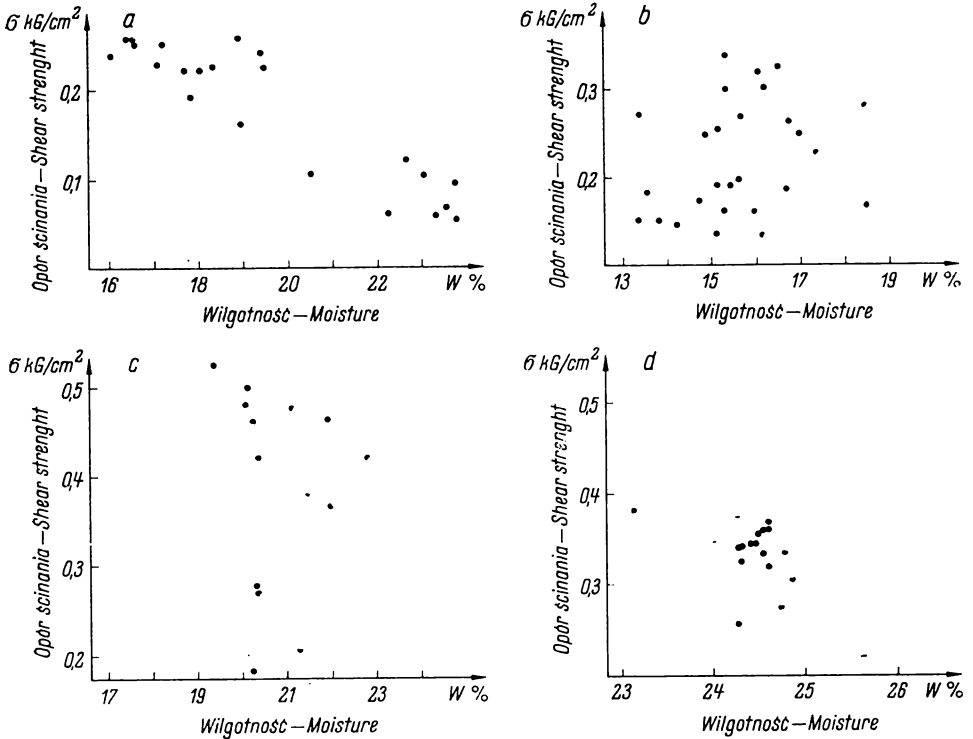
1 — wilgotność przy zagęszczeniu 10%, 2 — wilgotność przy zagęszczeniu 12,5%, 3 — wilgotność przy zagęszczeniu 15%

Dependence of shear strength on soil humidity corresponding with pF 2.7 for the compaction degree $> 1.30 \text{ g/cm}^3$

1 — moisture at compaction 10%; 2 — moisture at compaction of 12,5%; 3 — moisture at compaction of 15%

pierwsza odznacza się wyraźną ujemną zależnością oporu ścinania od wilgotności w momencie ścięcia, grupa druga — zależnością słabszą (wilgotność 17,5%) lub brakiem zależności (wilgotność 20, 22,5, 26%). Ugniatanie gleby lessowej o wyższej zawartości wody prowadzi więc do likwidowania związku między oporem ścinania a wilgotnością, przy której ścinanie jest przeprowadzane.

W pracach dotyczących wpływu ugniatania na wytrzymałość mechaniczną gleby spotyka się wyniki badań świadczących o tym, że nacisk wywierany na glebę w czasie przejazdu kół zwiększa zwięzłość i opory pracy narzędzi [7, 10]. Potwierdzają to wyniki badań laboratoryjnych [3]. Również obserwacje wykonywane w warunkach polowych wskazują, że spulchnienie gleby w pasach przejazdu ciągników i maszyn, a zwłaszcza w silnie ugniecionych koleinach, jest utrudnione [8]. Wynika to ze wzrostu spoistości ugniezionej gleby. Niekorzystne skutki zagęszczania są różne w zależności od składu mechanicznego i strukturalności gleby, a także od jej wilgotności. Uzyskany przez nas materiał pozwala na ocenę tego efektu w glebie lessowej. Wpływ nacisku jednostkowego na opór ścinania gleby lessowej jest wyraźny (rys. 7). W badanym materiale przyrosty oporu ścinania w zakresie obciążeń $0,5\text{--}15,0 \text{ kG/cm}^2$ wynoszą $0,2\text{--}0,4 \text{ kG/cm}^2$. W glebie zagęszczonej przy wilgotności 10–15% wzrost oporu ścinania wynikający ze zwiększania nacisku jednostkowego ma charakter zbliżony do prostoliniowego, o czym świadczą wysokie współczynniki korelacji liniowej (0,82–0,96). Przy



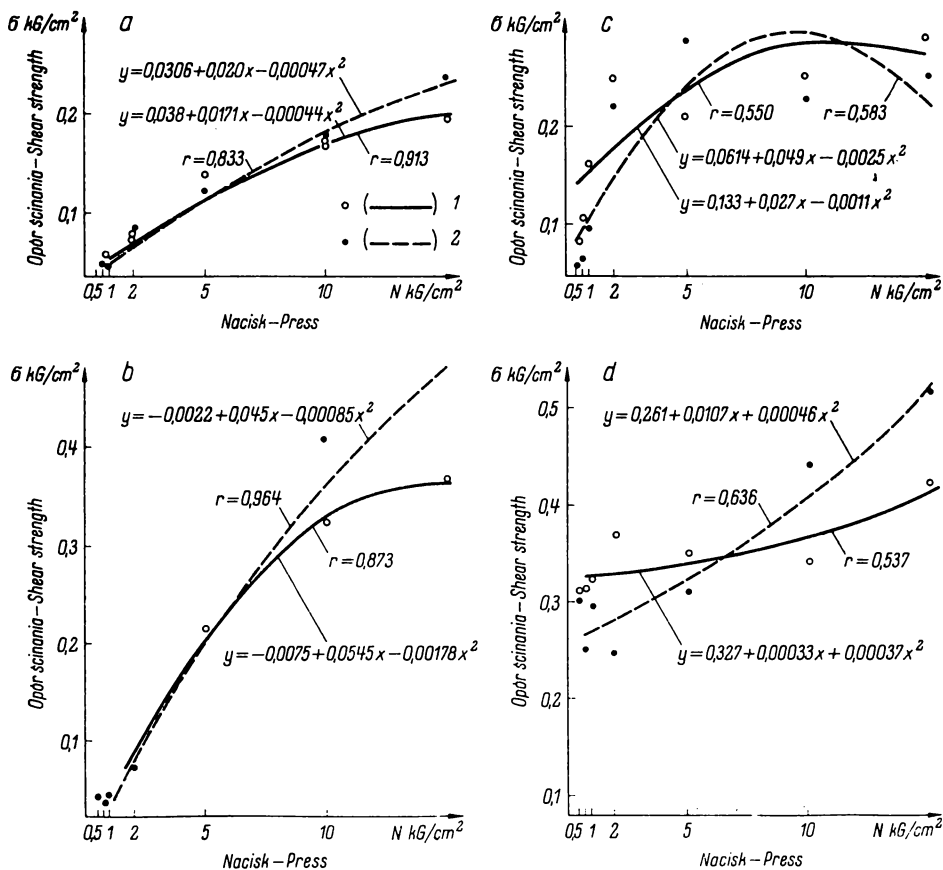
Rys. 6. Zależność oporu ścinania od wilgotności gleby odpowiadającej pF 2,7 dla gęstości gleby $> 1,30 \text{ g/cm}^3$

a — wilgotność przy zagęszczeniu 17%, b — wilgotność przy zagęszczeniu 20%, c — wilgotność przy zagęszczeniu 22,5%, d — wilgotność przy zagęszczeniu 26%

Dependence of shear strength on soil humidity corresponding with pF 2.7 for the compaction degree $> 1.30 \text{ g/cm}^3$

1 — moisture at compaction of 17%, 2 — moisture of compaction of 20%, c — moisture at compaction of 22.5%, d — moisture at compaction of 26%

wilgotności wyjściowej 17,50% zależność oporu ścinania od nacisku na charakter wyraźnie paraboliczny z maksimum w pobliżu nacisku około 10 kg/cm^2 . Wzrost oporu ścinania w funkcji nacisku dla gleby ugniatanej przy dużej zawartości wody przebiega niemal prostoliniowo (rys. 7). Należy zwrócić uwagę, że zróżnicowany charakter zależności oporu ścinania od nacisku w próbkach o różnej wilgotności w momencie ugniatania jest trudny do wyjaśnienia i mogłoby się wydawać, że zależności te są przypadkowe. Jednakże zestawienie wyników uzyskanych dla tej samej wilgotności w czasie zagęszczania i różnej wilgotności przy ścięciu wskazuje, że przebieg krzywych opisujących badane zjawisko jest bardzo podobny. Świadczy to, że prawidłowości te są rzeczywiste oraz że wilgotność w momencie ścięcia wywiera w glebie lessowej znacznie mniejszy wpływ na opór ścinania niż wilgotność w momencie wywierania nacisku na glebę. Zauważony i opisany wpływ wilgotności w mo-



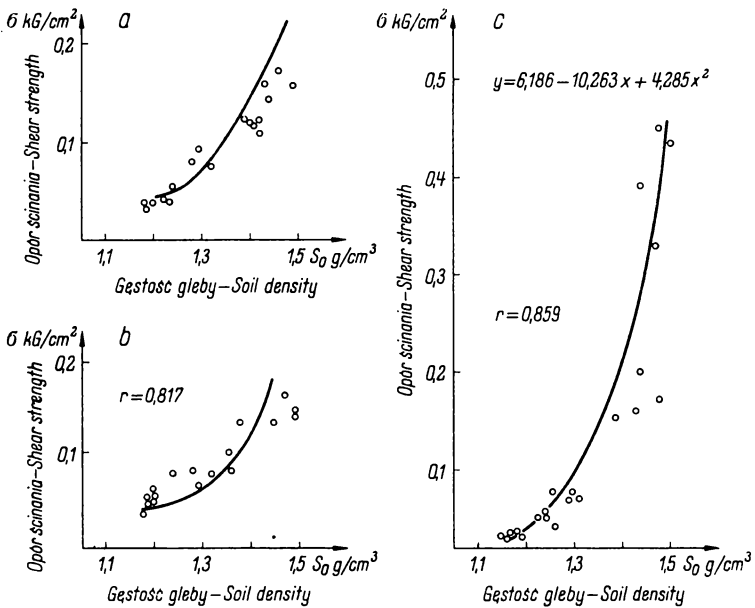
Rys. 7. Zależność oporu ścinania od nacisku jednostkowego wywieranego podczas zagęszczania gleby

a: 1 — wilgotność przy zagęszczeniu 10%, wilgotność przy ścinaniu odpowiadająca pF 2,7 (27-33%), 2 — wilgotność przy zagęszczaniu i ścinaniu 10%; b: 1 — wilgotność przy zagęszczaniu 15%, wilgotność przy ścinaniu odpowiadająca pF 2,7 (26-33%), 2 — wilgotność przy zagęszczaniu i ścinaniu 15%; c: 1 — wilgotność przy zagęszczaniu 17,5%, wilgotność przy ścinaniu odpowiadająca pF 2,7 (16-23%), 2 — wilgotność przy zagęszczaniu i ścinaniu 17,5%; d: 1 — wilgotność przy zagęszczaniu 26%, wilgotność przy ścinaniu odpowiadająca pF 2,7 (23-25%), 2 — wilgotność przy zagęszczaniu i ścinaniu 26%

Dependence of shear strength on unit pressure acting during the soil compaction
a: 1 — moisture at compaction of 10%, moisture at shearing corresponding with pF 2.7 (27-33%), 2 — moisture at compaction and shearing 10%; b: 1 — moisture at compaction of 15%, moisture at shearing corresponding with pF 2.7 (26-33%), 2 — moisture at compaction and shearing 15%; c: 1 — moisture at compaction of 17.5%, moisture at shearing corresponding with pF 2.7 (16-23%), 2 — moisture at compaction and shearing 17.5%; d: 1 — moisture at compaction of 26%, moisture at shearing corresponding with pF 2.7 (23-25%), 2 — moisture at compaction and shearing 26%

mencie zagęszczania na opór ścinania dowodzi konieczności uwzględniania tego efektu przy planowaniu badań modelowych w tym zakresie i porównywaniu uzyskanych wyników.

We wszystkich analizowanych przypadkach wzrost gęstości gleby



Rys. 8. Zależność oporu ścinania od gęstości gleby; wilgotność przy zagęszczeniu i ścinaniu
a — 10%, b — 12,5%, c — 15%

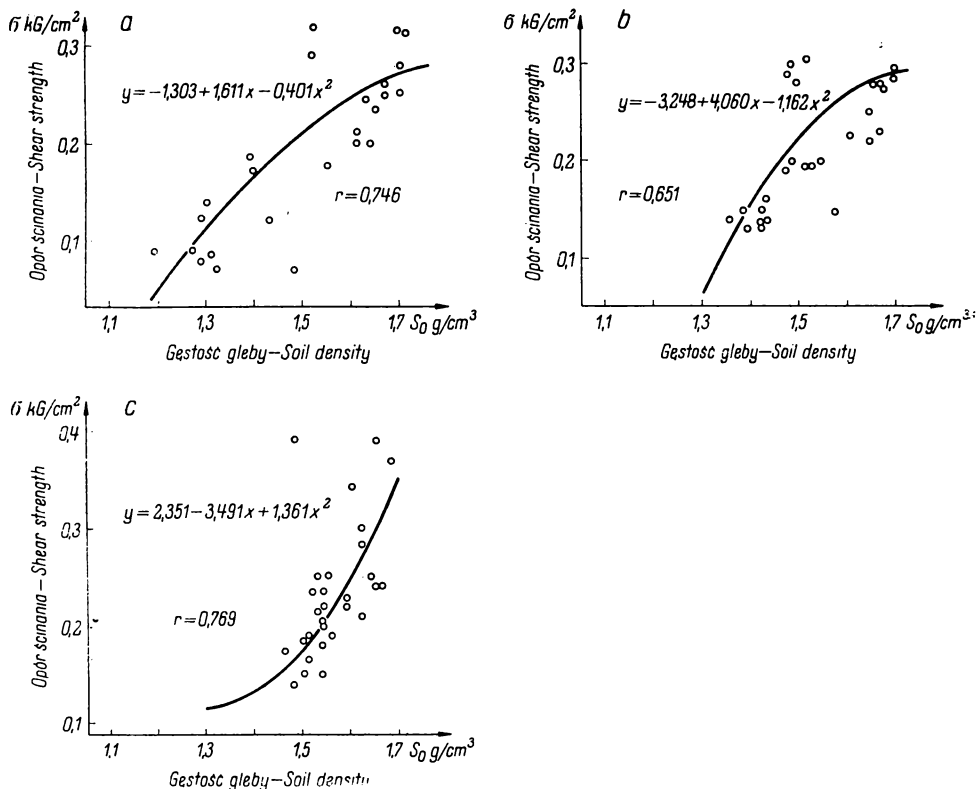
Dependence of shear strength on soil density; moisture at compaction and shearing
a — 10%, b — 12,5%, c — 15%

powoduje zwiększenie jej oporu ścinania. Zaznaczył się również wpływ wilgotności wyjściowej na wyniki pomiarów oporu ścinania. W próbkach ugniatanych przy wilgotności 10–15% opór ścinania zaczyna szybko wzrastać, gdy gęstość gleby przekracza wartość 1,25–1,30 g/cm^3 (rys. 8). Natomiast gdy wilgotność w momencie zagęszczania była wyższa, podobna prawidłowość nie występuje (rys. 9). Zbliżony typ zależności oporu ścinania od gęstości gleby występuje w przypadku próbek o stabilizowanym potencjale wody w momencie ścięcia (rys. 10).

Otrzymane wyniki wskazują, że opór ścinania gleby lessowej jest uzależniony silniej od gęstości niż od wilgotności w momencie ścięcia. Z tych względów wilgotność, przy której następuje ugniatanie gleby, tak silnie wpływa na wielkość oporu ścinania. Decyduje ona bowiem o stopniu zagęszczenia powstałego w wyniku wywierania nacisku.

WNIOSKI

1. Opór ścinania gleby brunatnej wytworzonej z lessu jest uzależniony przede wszystkim od jej gęstości, działającego na nią nacisku oraz zawartości wody w momencie zagęszczania.



Rys. 9. Zależność oporu ścinania od gęstości gleby; wilgotność przy zagęszczeniu i ścinaniu

a — 17,5%, b — 20%, c — 22,5%

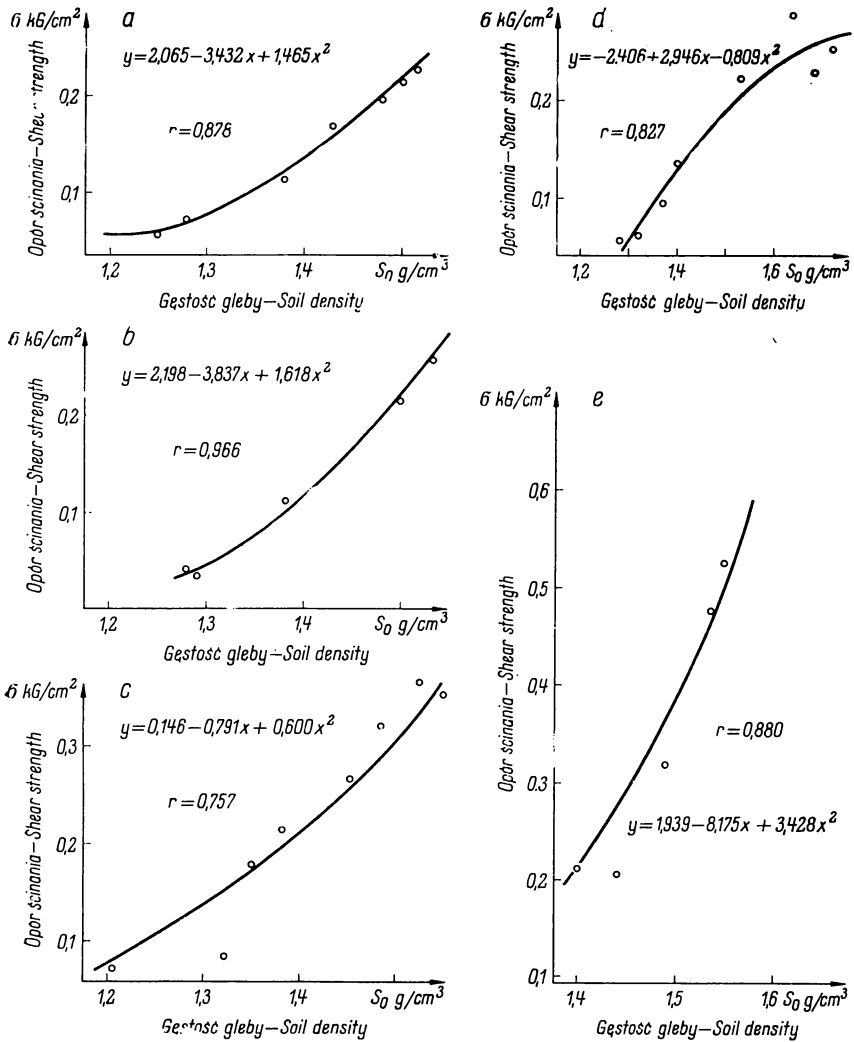
Dependence of shear strength on soil density; moisture at compaction and shearing:

a — 17,5%, b — 20%, c — 22,5%

2. Wilgotność gleby w momencie ścięcia odgrywa drugorzędną rolę w kształtowaniu wartości oporu ścinania gleby lessowej.

3. Związek oporu ścinania z wilgotnością w momencie ścięcia zmienia się zależnie od zawartości wody w glebie podczas wywierania nacisku. Gleba zagęszczana przy mniejszej zawartości wody (10–15%) odznacza się silniejszą zależnością oporu ścinania od wilgotności w momencie ścinania niż gleba zagęszczana przy większej zawartości wody (17,5–26%).

4. Wzrost wilgotności przy zagęszczaniu gleby lessowej powoduje zwiększenie oporu ścinania wskutek większej podatności materiału glębowego na działanie nacisku. Ponieważ wpływ wilgotności gleby przy zagęszczaniu na opór ścinania jest silniejszy niż wpływ wzrastającej wilgotności ścięcia, jednoczesne zwiększenie obu wilgotności powoduje w efekcie podwyższenie oporu ścinania.



Rys. 10. Zależność oporu ścinania od gęstości gleby

a — wilgotność przy zagęszczeniu 10%, wilgotność przy ścinaniu odpowiadająca pF 2,7 (27-33%); b — wilgotność przy zagęszczeniu 12,5%, wilgotność przy ścinaniu odpowiadająca pF 2,7 (25-32%); c — wilgotność przy zagęszczeniu 15%, wilgotność przy ścinaniu odpowiadająca pF 2,7 (26-33%); d — wilgotność przy zagęszczeniu 17,5%, wilgotność przy ścinaniu odpowiadająca pF 2,7 (16-23%); e — wilgotność przy zagęszczeniu 22,5%, wilgotność przy ścinaniu odpowiadająca pF 2,7 (19-21%)

Dependence of shear strength on soil density

a — moisture at compaction of 10%, moisture at shearing corresponding with pF 2.7 (27-33%), b — moisture at compaction of 12.5%, moisture at shearing corresponding with pF 2.7 (25-32%), c — moisture at compaction of 15%, moisture at shearing corresponding with pF 2.7 (26-33%), d — moisture at compaction of 17.5%, moisture at shearing corresponding with pF 2.7 (16-23%), e — moisture at compaction of 22.5%, moisture at shearing corresponding with pF 2.7 (19-21%)

LITERATURA

- [1] Bachtin P. U., Nikołajewa I. N., Wołockaja W. I.: Soprotiwlenije sdwigu, koefficient trienija i sceplenije tiemno-kasztanowych poczw i jużnogo czernoziema. Poczwowied. 1963, 11, 68-78.
- [2] Bachtin P. U.: Issledowanije fiziko-miechaniczeskich i tiehnologiczeskich swojstw osnovych tipow poczw SSSR. Izd. Kolos, 1969.
- [3] Bailey A. C.: Compaction and shear in compacted soils. Trans. ASAE, 14, 1971, 2, 201-205.
- [4] Domżał H.: Zależność spójności od uwilgotnienia w glebach wytworzonych z różnych skał macierzystych. Annales UMCS Sec. E, 26, 1971, 237-253.
- [5] Domżał H., Słowińska A.: Zmiany spójności gleby jako funkcja wywieranych na nią obciążeń. Mat. XIX Ogólnopolskiego Zjazdu. Nauk. PTG „Ochrona środowiska glebowego”, 1974, 81-84.
- [6] Domżał H.: Wpływ czynników glebowych na wielkość zmian pojemności wodnych zachodzących w rezultacie wzrostu zagęszczenia gleby. Roczn. glebozn. w druku.
- [7] Donew D. W.: Izmienienije na njakoi agrofiziczni swojstwa na poczwata w sleditie ot kolelata na traktor Belarus MZT-50 pri otgleždane na carewica. Seleskostop. Tech. 12, 1975, 5, 47-53.
- [8] Klügel H.: Saatbearbeitung mit den richtigen Geräten. Mitt. dt. Landw.-Ges., 89, 40/41, 1974, s. 1190, 1192, 1194.
- [9] Kuipers H., Kroesbergen B.: The significance of moisture content, pore space, method of sample preparation and type of shear annulus used in laboratory torsional shear testing of soils. Journ. of Terramechanics 3, 1966, 4, 17-28.
- [10] Słowik K.: Wpływ ugniatającego działania maszyn na właściwości fizyczne gleb i wzrost jabłoni. I. Zmiany właściwości fizycznych gleb pod wpływem ugniatającego działania maszyn. Pr. Inst. Sad. 14, 1970, 105-124.
- [11] Söhne W.: Reibung und Kohäsion bei Ackerböden. Grundl. d. Landtechn. 1953, 5, 64-81.
- [12] Turcki R., Domżał H., Słowińska A.: Zależność tarcia wewnętrznego od wilgotności gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych. Roczn. glebozn. 23, 1972, 1, 15-28.
- [13] Turcki R., Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.: Zmiany współczynnika tarcia wewnętrznego w glebach wytworzonych z lessu w aspekcie ich podatności na erozję wodną. Ann. UMCS Sec. E., 30, 1975, 10, 97-105.

Р. ТУРСКИ, Г. ДОМЖАЛ, А. СЛОВИНЬСКА-ЮРКЕВИЧ

ИЗМЕНЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ К СРЕЗУ ЛЕССОВОЙ ПОЧВЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЕ УПЛОТНЕНИЯ И ВЛАЖНОСТИ

Институт почвоведения и агрохимии, Сельскохозяйственная академия в Люблине

Резюме

Проводились полевые и лабораторные испытания изменений сопротивления к срезу бурой почвы образованной из лесса, в зависимости от содержания влаги, действующего на почву давления и ее объемного веса. Полевые исследования проводились на полях находящихся под культурой клевера красного, пше-

ницы озимой, овса, кукурузы и сахарной свеклы. Отбор образцов из под культуры разных растений имел в виду получение субстратов репрезентирующих по-возможности широкий предел величин самобытно сформированной объемной массы почвы. Образцы почвы для анализа отбирали в ненарушенном состоянии с помощью металлических цилиндров вместимостью 100 куб. см (высота 5,1 см, диаметр 5,0 см) из 5–10 см слоя в двенадцати повторностях, в периоде от начала июня до начала октября 1976 г., в 10-дневных интервалах. В лабораторной части испытаний ту-же почву с ненарушенной структурой уплотняли искусственным путем в точно таких-же цилиндрах при различном содержании воды в почве (10%, 12,5%, 15%, 20%, 22,5%, 26%). Применяли следующие величины давления: 0,5, 0,75, 1,0, 2,0, 5,0, 10,0, 15,0 кГ/см² в восьми повторностях. Заодно как пробы отбираемые в поле, так и уплотненные искусственным путем подвергали затем срезу при помощи аппарата употребляемого в испытаниях устойчивости формовочных масс, продуцированного Опытным отделением Литейного института в Кракове. Половину образцов срезали в состоянии их актуальной влажности (в момент отбора либо уплотнения) и половину при увлажнении эквивалентном потенциалу почвенной влаги рF 2,7. Полученные данные подвергались математической обработке для вычисления коэффициентов корреляции и коэффициентов регрессии. Проведенные исследования дают обоснование формулировке следующих закономерностей:

1. Сопротивление к срезу бурой почвы образованной из лесса оказывает зависимость прежде всего от ее объемного веса, затем от величины действующего на почву давления и от содержания влаги в момент уплотнения.

2. Влажность почвы в момент среза играет второстепенную роль в формировании значений сопротивления к срезу лессовой почвы.

3. Связь сопротивления к срезу с увлажнением в момент среза меняется в зависимости от содержания воды в почве во время давления (нажима). Почва уплотняемая при меньшем содержании воды (10–15%) характеризуется более сильной зависимостью сопротивления к срезу от влажности в момент среза, чем почва уплотняемая при содержании воды 17,5–26%.

4. Повышение влажности при уплотнении лессовой почвы приводит к росту сопротивления к срезу вследствие большей податливости почвенного субстрата на действие нажима. Влияние влажности почвы при уплотнении на сопротивляемость к срезу было сильнее, чем влияние влажности в момент среза; одновременное повышение этих видов влажности приводит к повышению значений сопротивления к срезу лессовой почвы.

R. TURSKI, H. DOMŻAŁ, A. SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ

SHEAR STRENGTH CHANGES IN LOESS SOIL DEPENDING ON ITS DENSITY AND HUMIDITY

Department of Soil Science and Agricultural Chemistry, Agricultural University of Lublin

Summary

Field and laboratory investigations on shear strength changes in brown soil developed from loess, depending on the moisture content, press effect on soil and bulk density, were carried out. Field investigations carried out on fields under red clover, winter wheat, oats, maize and sugar beets. Taking soil samples from

under various crops was aimed at getting the material representing possibly wide range of values of independently formed bulk density of soil. Soil samples for the analysis were taken in undisturbed state into metallic cylinders of 100 cm³ capacity (height 5.1 cm, diameter 5.0 cm) from the 5–10 cm layer of soil, in twelve replications. The sampling was carried out in the period from the first days of June to the first days of October 1976, at 10-day intervals. For the laboratory analyses the same soil with disturbed structure was compacted artificially in identical cylinders, at different moisture content in soil (10, 12.5, 15, 17.5, 20, 22.5, 26%). The following pressures were applied: 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 15.0 kG/cm² in eight replications. Samples, both taken in field and artificially compacted, were then shorn by means of the apparatus for testing strength properties of sandmix of the LRu type, produced by the Experiment Works of the Foundary Research Institute in Cracow. A half of the samples were shorn at the actual humidity (at the moment of sampling or condensing), and another half — at the humidity corresponding with the moisture potential of pF 2.7. The results obtained were analyzed statistically to calculate correlation and regression coefficients.

The investigations allow to draw the following conclusions:

1. Shear strength of brown soil developed from loess depends, first of all, on its density, pressure acting on it and moisture content at the moment of compaction.

2. Soil moisture at the moment of shearing plays a secondary role in forming the value of shear strength of loess soil.

3. The relationship between shear strength and moisture at the moment of shearing changes depending on the moisture content in soil during the pressure action. Soil compacted at lower moisture content (10–15%) characterizes itself with greater dependence of shear strength on humidity of shearing than soil condensed at higher moisture level (17.5–26%).

4. Moisture content increase at the loess soil compaction causes its shear strength increase due to a greater susceptibility of the soil material to the pressure action. Since the soil moisture influence on soil shear strength is stronger than that of moisture of shearing, a simultaneous increase of either moisture kind leads to a shear strength growth.

Prof. dr Ryszard Turski
Instytut Gleboznawstwa
i Chemii Rolnej AR
Lublin, ul. Leszczyńskiego 7

